

# **KORKEAPAINEPUMPPUJEN KUNNOSSAPIDON KEHITTÄMINEN**

Jussi Mäki

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2014  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotekehitys

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotekehitys

JUSSI MÄKI:

Korkeapainepumppujen kunnossapidon kehittäminen

Opinnäytetyö 73 sivua, joista liitteitä 7 sivua  
Huhtikuu 2014

---

Opinnäytetyö käsittelee korkeapainepumppuja valmistavan tamperelaisen Finfinet Oy:n kunnossapidon kehittämistä. Kunnossapidon kehityksessä keskityttiin kokonaisvaltaisesti kunnossapidon hallintaan ja laadulliseen kasvuun.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda yritykselle automaattinen kunnossapidon suunniteluohjelma sekä kehittää yrityksen nykyistä huollon toimintasuunnitelmaa. Kunnossapito-ohjelman sekä toimintasuunnitelman myötä yritys pyrkii kasvattamaan kunnossapitonsa laatua ja tehokkuutta sekä siirtymään nykyisestä asiakaslähtöisestä kunnossapidon tilausjärjestelmästä proaktiivisempaan malliin.

Opinnäytetyöraportin alussa esitellään opinnäytetyön kannalta tärkeimmät kunnossapidon strategiat, joiden pohjalta yritys jatkokehittää kunnossapitoaan. Kunnossapidon kehittämisessä hyödynnettiin 5S-menetelmää sekä SRCM-menetelmän työkaluja. Tämän jälkeen raportissa esitellään tarkasteltavan korkeapainepumppuyksikön toimintaan sekä sen kunnossapitoon vaikuttavia tekijöitä.

Raportin lopussa esitellään opinnäytetyön konkreettinen tulos, kunnossapito-ohjelma sekä uudistunut toimintasuunnitelma. Yrityksen toiveiden mukaisesti tulosten esittely on merkitty salassapidonlaiseksi.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and production engineering  
Product Development

JUSSI MÄKI:

Developing maintenance services for high-pressure plunger pumps

Bachelor's thesis 73 pages, appendices 7 pages

April 2014

---

This thesis was commissioned by Finfinet Oy, whose main products are high-pressure plunger pumps. The thesis is about developing the management and quality of the company's maintenance services.

The main objectives in this thesis were to create a maintenance programme which automatically creates a maintenance schedule for plunger pumps, and to develop current maintenance procedures so as to make them more uniform. With these developments the company plans to increase the quality and efficiency of their maintenance program and move to a more proactive maintenance strategy.

The thesis starts with a description of the main maintenance strategies which the company plans to use for further development of their services. For making this thesis 5S-method and SCRM-method tools were used. After the introductory part on strategies, the thesis explains the working principles of the high-pressure plunger pump unit and the main reasons for operational failures.

At the end of this thesis, results are presented; these take the form of an Excel-based maintenance programme and new maintenance procedures. At the request of Finfinet Oy, the results of thesis are classified.

---

Key words: maintenance, , TPM, RCM, SCRM, high-pressure plunger pump

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	TYÖNTILAAJAN ESITTELY .....	9
2.1	Yleisesti yrityksestä .....	9
2.2	Tuotteet ja palvelut .....	9
3	LÄHTÖTILANNE JA TYÖN TAVOITTEET .....	10
3.1	Kunnossapidon nykytilanne.....	10
3.2	Huollon nykytilanne.....	11
3.3	Esitetyt tavoitteet opinnäytetyön osalta .....	12
4	EHKÄISEVÄ KUNNOSSAPITO.....	13
4.1	Standardien mukaiset määritelmät.....	13
4.2	Ehkäisevän kunnossapidon esittely.....	13
4.2.1	Jaksotettu kunnossapito.....	15
4.2.2	Kuntoon perustuva kunnossapito .....	16
4.3	Ehkäisevä kunnossapito toiminnallisesti .....	16
5	KORJAAVA KUNNOSSAPITO .....	18
5.1	Standardin mukainen määritelmä .....	18
5.2	Korjaavan kunnossapidon esittely .....	18
6	KUNNOSSAPITOSTRATEGIAT.....	19
6.1	TPM, Total Productive Maintenance.....	19
6.1.1	Ensimmäinen pilari, Itsenäinen kunnossapito.....	19
6.1.2	Toinen pilari, Jaksotettu kunnossapito .....	20
6.1.3	Kolmas pilari, Laatu parantava kunnossapito .....	20
6.1.4	Neljäs pilari, Tuotteiden laatu .....	21
6.1.5	Viides pilari, Laitteiden ja prosessien jatkuva kehittäminen .....	21
6.1.6	Kuudes pilari, Uusien laitteiden hallitseminen ja käyttöönotto .....	21
6.1.7	Neljä peruskiveä, Turvallisuus, terveys ja työympäristö, koulutus, työjohton TPM sekä 5 S-menetelmä.....	22
6.2	5 S-laatu järjestelmä.....	23
6.2.1	Seiri, Lajitteluvaihe .....	24
6.2.2	Seiton, Järjestelyvaihe.....	24
6.2.3	Seiso, Siivousvaihe .....	25
6.2.4	Seiketsu, Ohjeistusvaihe .....	25
6.2.5	Shitsuke, Sitoutumisvaihe .....	26
6.2.6	5 S-menetelmän tarkastuslomake.....	26
6.3	RCM, Reliability Centered Maintenance.....	27
6.3.1	Ensimmäinen kysymys, Toiminnot ja suorituskystandardit .....	28

6.3.2	Toinen kysymys, Toimintahäiriöt .....	29
6.3.3	Kolmas kysymys, Vikamuodot .....	29
6.3.4	Neljäs kysymys, Vikojen vaikutukset .....	30
6.3.5	Viides kysymys, Vikojen seuraukset .....	30
6.3.6	Kuudes kysymys, Vikaantumisen hallinnan tehtävien valinta .....	31
6.3.7	RCM-menetelmän työkalut .....	32
6.4	SRCM, Streamlined Reliability Centered Maintenance .....	33
6.5	Muita maininnan arvoisia strategioita .....	33
7	TARKASTELTAVAN LAITTEISTON ESITTELY .....	35
7.1	Pumppuyksikön esittely .....	35
7.1.1	Rivimäntäpumpun esittely .....	36
7.1.2	Vapaakiertoventtiili .....	38
8	KUNNOSSAPIDON SUUNNITTELU .....	40
8.1	Pumppuyksikön kunnossapitotarpeen määrittäminen .....	40
8.2	Kunnossapitotarpeeseen vaikuttavat tekijät .....	41
8.2.1	Käyttöaste .....	42
8.2.2	Käyttöpaine .....	42
8.2.3	Imuveden lämpötila .....	42
8.2.4	Imuveden kovuus ja puhtaus .....	43
8.2.5	Imuveden lähde .....	43
8.2.6	Järjestelmän käyttötapa .....	43
8.2.7	Taajuusmuuttajan pois jättäminen .....	44
8.2.8	Käyttöympäristö .....	44
8.2.9	Laitteiston siisteys .....	45
9	KUNNOSSAPITO-OHJELMA .....	46
9.1	Ohjelmista kehityksen lähtökohdat .....	46
9.2	Ohjelmalle asetetut tavoitteet .....	46
9.3	Ohjelmiston suunnittelu .....	47
9.4	Kunnossapitoaikataulun muodostaminen .....	48
9.5	Valmiin ohjelman toiminta .....	52
10	HUOLLON TOIMINNALLINEN KEHITTÄMINEN .....	58
10.1	Tavoitteet .....	58
10.1.1	Kunnossapidollisen lisäarvon luominen asiakkaalle .....	58
10.1.2	Kunnossapidollisen lisäarvon luominen tilaajalle .....	58
10.2	Huoltosuoritteen kehittäminen .....	59
10.2.1	Huoltoa edeltävien toimintojen kehitys .....	59
10.2.2	Huoltotoiminnan kehitys .....	59
11	YHTEENVETO .....	62
11.1	Opinnäytetyön tulokset .....	62

11.2 Asetettujen tavoitteiden täyttyminen .....	62
12 POHDINTAA.....	64
12.1 Jatkokehitysehdotukset .....	64
12.2 Opinnäytetyön hyödyt oppimisen kannalta .....	64
LÄHTEET.....	65
LIITTEET .....	67
Liite 1. 5 S-menetelmän tarkastuslomake (© Service Management Solutions SMS OY) (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 115).....	67
Liite 2. Yksikertaistettu VVA-malli (Laine, 2010, s. 129).....	68
Liite 3. RCM-päätöksentekokaavio (Muokattu lähteestä Järviö & Lehtiö, 2012, ss. 170-173).....	69
Liite 4. Huollon toimintasuunnitelma 1(3).....	70
Liite 5. Huollon tarkistuslomake .....	73

**LYHENTEET JA TERMIT**

5S	Viisivaiheinen laatujärjestelmä
Asset management	Kokonaisvaltainen kunnossapitomenetelmä
Kavitaatio	Paineen laskusta johtuva ilmakuplien muodostuminen, tiivistyminen ja liukeneminen nesteessä räjähdysmäisesti
RCM	Reliability centered maintenance
RTF	Run to failure
Six Sigma	Laatukeskeinen kunnossapitomenetelmä
SRCM	Streamlined reliability centered maintenance
TLC	Tighten, lubricate, clean
TPM	Total productive maintenance
VVA	Vika-vaikutus-analyysi

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin tamperelaiselle Finfinet Oy:lle ja sen pääsisältö oli yrityksen tuottamien korkeapainepumppujen kunnossapidon kokonaisvaltainen kehittäminen. Opinnäytetyön konkreettinen sisältö on Excel-pohjaisen kunnossapito-ohjelman kehittäminen sekä yleisen kunnossapidollisen toiminnan kehittäminen. Työ aloitettiin joulukuussa 2013 ja valmis työ palautettiin huhtikuussa 2014.

Opinnäytetyön raportti sisältää työn toteutuksen kannalta tärkeimpien kunnossapitostrategioiden esittelyn, kunnossapidon suunnittelun sekä vapaamuotoisen pohdinta-kappaleen. Opinnäytetyön tulokset ovat määritetty salassa pidettäväksi, jolloin niiden osalta opinnäytetyö sisältää tyhjiä sivuja.

Työ suoritettiin pääsääntöisesti etätyönä, mutta työhön osallistuivat myös aktiivisella avustuksellaan ja ohjeistuksellaan opinnäytetyön tilaaja yrityksen toimitusjohtaja Sauli Kärkkäinen sekä myyntipäällikkö Jouni Torkki.



## **2 TYÖNTILAAJAN ESITTELY**

### **2.1 Yleisesti yrityksestä**

Yritys sijaitsee Tampereen Nekalassa ja työllistää tällä hetkellä 13 työntekijää. Yrityksen toimitusjohtaja on Sauli Kärkkäinen. Asiakkaita yrityksellä on kotimaan lisäksi kattavasti ympäri maailmaa. Viime vuoden liikevaihto yrityksellä oli 1,8 miljoonaa euroa.

### **2.2 Tuotteet ja palvelut**

Yrityksen päätuotteena on, opinnäytetyössä käsitelty, mittatilaustyönä suunniteltavat ja koottavat korkeapaine- ja pesujärjestelmät. Tuotteissaan yritys käyttää saksalaisvalmisteisia Speck-pumppuja, joiden ympärille valitaan asiakkaan tarpeen mukaiset komponentit. Mittatilausyksiköiden lisäksi yritys tarjoaa myös tehdasvalmisteisia pienemmän kokoluokan painepesulaitteita.

Laitteiden myynnin lisäksi Finfinet Oy tarjoaa suunnittelu-, huolto-, kunnossapito- sekä asennuspalveluita. Pääasiallinen asiakaskunta muodostuu yritysasiakkaista, mutta Finfinet tarjoaa myös yksityisasiakkaille tehdasvalmisteisia pesulaitteita sekä näiden huolto- ja palveluja. Yrityksen myyntivalttina voidaan pitää laitteiden suunnittelua täysin asiakkaiden tarpeen mukaiseksi sekä tuotteiden sekä huollon tinkimätöntä laatua.

### 3 LÄHTÖTILANNE JA TYÖN TAVOITTEET

#### 3.1 Kunnossapidon nykytilanne

Yrityksen nykyinen kunnossapidonmalli perustuu asiakaslähtöiseen huollon tilaukseen. Laitteiden mukana luovutetaan asiakkaalle taulukon 1 mukainen kunnossapitosuunnitelma. Kyseiset huoltoaikavälien suuruudet arvioidaan nykyisellä mallilla kokemuspohjaisesti. Huoltovälien arvioinnissa huomioidaan kappaleessa 8.2 esitelty huoltoaikaväleihin vaikuttavat muuttujat. Taulukon ohjeiden lisäksi asiakasta kehoitetaan tarkistamaan laitteen kunto silmämääräisesti 250 tunnin välein sekä aina öljynvaihdon yhteydessä.

Taulukko 1. Nykyinen kunnossapitosuunnitelma pumppuyksikölle FF3-30120T

Huoltotoimenpide	Huoltoaikaväli
PUMPUN ÖLJYNVAIHTO	500 h
PUMPUN VESITIIVISTEIDEN VAIHTO (jos vuotaa)	1000 h
PUMPUN VENTTIILIEN O-RENKAIDEN VAIHTO	1000 h
PUMPUN VENTTIILIEN VAIHTO (jos kuluneet)	3000 h
TULOSUODATTIMEN PUHDISTUS	500 h
YLIVIRTAUSVENTTIILIN TARKASTUS	500 h
YLIVIRTAUSVENTTIILIN TIIVISTEIDEN VAIHTO	1000 h
YLIVIRTAUSVENTTIILIN VAIHTO	2000 h
KIILAHIIHNOJEN VAIHTO (jos kuluneet)	1000 h

Nykyinen kunnossapitosuunnitelma on muodostunut usean vuoden kokemuksen kautta, jolloin sitä voidaan pitää yleisesti toimivana ratkaisuna. Kunnossapitosuunnitelma pohjautuu laitevalmistajien antamiin kunnossapitosuosituksiin, joita muokataan kokemuspohjaisesti. Ongelmana nykyisessä suunnitelmassa on huoltoaikavälien arviointi sekä huoltojen ajoittaminen käytäntöön. Nykyiset huoltoaikavälit suunnittelee pääsääntöisesti yrityksen nykyinen toimitusjohtaja, sillä hänellä on laajin kokemus laitteista sekä niiden huollosta.

Käytännön kannalta yllä esitelty kunnossapitosuunnitelma ei ole kovin havainnollinen. Huoltoaikavälit kerrotaan selkeästi, mutta asiakkaan on työlästä arvioida mitä huoltoja

kuuluu esimerkiksi 3000 käyttötunnin huoltoon. Tämän lisäksi asiakkaan tulee itse ilmoittaa, kun kunnossapitosuunnitelmassa mainitut käyttötunnit täyttyvät. Nykyisessä mallissa laitetoimittaja ei siis ole tietoa laitteiden tulevista huolloista ennen asiakkaan tilausta. Yrityksellä on tällä hetkellä käytössä arkistointityökalu asiakashuoltojen aikatauluista, mutta sen käyttö on todettu epäkäytännölliseksi ja huoltojen ajoitus epätarkaksi.

Asiakkaat, jotka ostavat pesulaitteensa vain kunnossapidon työvälineiksi, jättävät laitteiden huollot liian pienelle huomiolle, jolloin kunnossapidon osalta ajaudutaan RTF-tilaan. Laitteisiin on mahdollista asentaa taajuusmuuttajan rinnalle digitaalinen ohjausyksikkö, joka helpottaa huoltoaikojen seurantaa ja noudattamista.

### **3.2 Huollon nykytilanne**

Huoltotoimia yritys toteuttaa joko kenttähuoltoina asiakkaan tiloissa tai liikuteltavien yksiköiden tapauksessa omalla toimipisteellään. Kenttähuoltojen kohdalla huoltotapah-tuma alkaa asiakaslähtöisellä tilauksella, jossa tilaaja kertoo huoltotarpeen. Huoltotilaukset kohdistetaan monessa tapauksessa suoraan yrityksen huoltoyksikölle.

Nykyinen huoltotoimenpide ei sisällä tarkempaa ohjeistusta asiakkaan tiloissa toimimisesta sekä huollon toteutuksesta. Täten huollon laatu ja asiakaspalvelu jää asentajan oman toiminnan varaan. Näin ollen asentajan toiminta ja tarkkuus määrittävät yrityksen palvelusta jäävän mielikuvan. Yritys on saanut erityistä kiitosta huoltopalveluiden laadustaan, mutta laadun jatkuvuuden ja jatkuvan kehityksen kannalta kyseisiin muuttujiin päätettiin puuttua.

Myös laadunvalvonnan osalta tärkeää tarkistuslistaa ei ole tällä hetkellä käytössä, jolloin asentajan oma-aloitteisuus ja ammattitaito määrittävät suunnitellun huoltotoimenpiteen ulkopuolisen työn. Kunnossapitoyhdistys ry:n julkaisemassa teoksessa kyseinen ongelma onkin huomioitu. Teoksessa mainitaan asentajan työnteon vaikuttavan laadun ja sisällön lisäksi myös lopullisten kustannusten muodostumiseen. Kyseiseen ongelmaan kirja tarjoaakin ratkaisuksi ehkäisevän kunnossapidon tarkkaa suunnittelua, jolloin yksilöllinen ”sooloilu” voidaan poistaa ja laadullisesti työstä saadaan yhtenäistä. (Kunnossapitoyhdistys ry, 2006, s. 71)

### 3.3 Esitetyt tavoitteet opinnäytetyön osalta

Opinnäytetyön aihe syntyi yrityksen kunnossapidon kehittämistarpeen. Kehitystyössä uusia toimitapoja ja työkaluja voi syntyä useita, joten aiheen rajaukseen luotiin tarkat rajat. Päädyimme yrityksen toimitusjohtajan Sauli Kärkkäisen kanssa asettamaan työn päätavoitteeksi kunnossapito-ohjelman luomisen. Kunnossapito-ohjelman tarkoituksena olisi yhdenmukaistaa ja helpottaa yrityksen kunnossapidon ja huollon hallintaa. Ohjelman pääominaisuudet tulisivat olemaan automaattinen huoltoaikaväli-laskenta sekä laitteiden kunnossapitotarpeen seuranta. Ohjelma tulisi palvelemaan pääsääntöisesti opinnäytetyön tilaajaa, mutta myös asiakkailla olisi rajoitettu pääsy tarkastelemaan huoltosuunnitelmia heille lähetetyn Excel-tiedoston avulla.

Kunnossapito-ohjelman lisäksi Sauli Kärkkäinen kysyi ratkaisua myös huoltotoimenpiteen hallintaan. Täten päädyimme sisällyttämään opinnäytetyöhön uuden huollon toimintasuunnitelman, jonka avulla huoltotapahtuma pyritään yhtenäistämään asentajasta riippumattomaksi. Kyseisellä toimenpiteellä pyritään ehkäisemään huoltotoimenpiteiden aikana syntyneitä huomaamattomuudesta johtuvia vikoja sekä kasvattamaan huoltotoimenpiteen laatua.

Tämän lisäksi huollon aikana suoritettut toimenpiteet ja laitteistossa havaitut alkavat viat pyritään raportoimaan kunnossapito-ohjelman tueksi. Raportoinnin avulla voidaan myös ohjeistaa asentajaa tulevaan huoltoon, jolloin asentajalla ei tarvitse olla edeltävää huoltohistoriaa kyseistä laitteesta. Näin ollen saadaan luotua tilanne, jossa kaikki asentajat ovat yhtä tietoisia ja päteviä suorittamaan huollon.

Huoltokäytännön muuttuessa opinnäytetyöhön sisällytetään uudistuksen vaatimat lomakkeet sekä toimintasuunnitelmat. Huoltojen tapahtuessa suurimmaksi osaksi asiakkaan tiloissa sekä asiakkaan läsnä ollessa, asentajien ulkoiseen olemukseen on kiinnitettävä enemmän huomiota. Uusien huoltokäytäntöjen käyttöönoton yhteydessä, kaikille yrityksen työntekijöille tullaan pitämään koulutus yleisestä asiakaspalvelusta sekä toiminnasta asiakkaan tiloissa. Asentajat ovat yrityksen toiminnallinen sekä näkyvä osapuoli, jonka mukaan asiakkaalle määrittyy mielipide huoltoja suorittavasta yrityksestä.

## 4 EHKÄISEVÄ KUNNOSSAPITO

### 4.1 Standardien mukaiset määritelmät

*Määrätyin välein tai suunniteltujen kriteerien täytyessä suoritettu kunnossapito, jolla pienennetään vikaantumisen todennäköisyyttä tai kohteen toiminnan heikkenemistä (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 95).*

*Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 95).*

### 4.2 Ehkäisevän kunnossapidon esittely

Standardin mukaisesti ehkäisevällä kunnossapidolla tarkoitetaan kunnossapitoa, jolla pyritään minimoimaan tuotantolinjalla tapahtuvat vikaantumiset ja toiminnan heikkenemiset. Toisin sanoen tuotantolinjan toiminta-aste pyritään pitämään jatkuvasti mahdollisimman korkeana. Ehkäisevässä kunnossapidossa tärkeimpinä toimintoina pidetään huoltojen ennalta suunnittelua sekä havaittuihin alkaviin vikoihin nopeaa reagointia. Ehkäisevä kunnossapito voidaan edellä mainittujen toimintojen perusteella jakaa kahteen pääryhmään, jaksettuun kunnossapitoon ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Kyseiset termit ovat tarkemmin selitetty kappaleissa 4.2.1 ja 4.2.2.

Ehkäisevä kunnossapito sisältää seuraavat, säännöllisesti tehtävät toimenpiteet:

- Yleisen toiminnan tarkkailu sekä vikaantumiseen johtavien syiden havainnointi.
- Kuntoa ylläpitävät toimenpiteet
  - voiteluhuollot
  - laitteen rakenteellinen ylläpito
  - laitteen ja ympäristön siistinä pito.
- Alkaneen vian havaitseminen ja sen korjaaminen ennen siitä aiheutuvaa käyttökatkosta (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 96).

Yleisesti voidaan todeta ehkäisevän kunnossapidon koostuvan suurimmalta osin ennalta suunnitelluista kunnossapitotoiminnoista. Ehkäisevän kunnossapidon ylläpito vaatii yritykseltä huomattavia resursseja työajan sekä kustannusten muodossa. Tämän vuoksi on tärkeää tarkastella tuotantolinjan laitteiden ehkäisevän kunnossapidon tarve. Ehkäisevää kunnossapitoa suositellaan hyödynnettäväksi laitteissa, joilta vaaditaan ehdotonta luotettavuutta ja korkeaa käyttöastetta. Ehkäisevän kunnossapidon käyttöönottoon on suunniteltu kriittisyysanalyysi, jonka avulla yritys voi mitoittaa tarkasteltavan kohteen tärkeyden.

$$\text{Kriittisyysluku } R = T \times (M + K + HY + VL + VO)$$

,jossa T = tapahtuman todennäköisyys

M = materiaalihinkojen suuruus

K = tuotantomenetykset

HY = henkilöstö- ja ympäristövaara

VL = varalaitteen saatavuus

VO = varaosan saatavuus (Järviö & Lehtiö, 2012, ss. 95-101).

Jos laitteen käyttökatkos aiheuttaa huomattavia välillisiä kustannuksia, jotka ovat suurempia kuin kunnossapidosta syntyvät kustannukset, voidaan ehkäisevää kunnossapitoa pitää kannattavana. Paperikoneiden ehkäisevää kunnossapitoa tutkinut Outi Nurmilaukas on tutkimuksillaan todennut suunnitellun kunnossapidon olevan noin puolet kustannuksiltaan suunnittelemattomasta kunnossapidosta. Tämän lisäksi suunnittelemattomasta huollosta syntyvät käyttökatkokset voivat nostaa menetetyn katteen yli kymmenkertaiseksi ehkäisevän kunnossapidon kustannuksiin verrattuna. Taulukossa 2 esitellään Nurmilaukkaan tutkimustuloksia (Kunnossapitoyhdistys ry, 2006, s. 69).

Taulukko 2. Ehkäisevän kunnossapidon taloudellinen vaikutus (Nummilaukas, 1997)

Kohde A (mittaamalla löydetty)	Kustannukset euroina			
	suunniteltu	ei-suunniteltu	menetetty kate	ero
kuivaussylintereiden laakeriviat (5 kpl)	9 420	11 100	127 150	128 830
kuivaussylintereiden käyttöhammaspyörät (3 kpl)	9 330	22 710	254 300	267 680
kuivausosan huopateloiden laakerit (4 kpl)	2 620	11 990	139 870	149 240
pickup-telan moottorivika	1 610	19 690	8 480	26 560
Symsizerin ylätelan käyttövaihte	0	3 890	38 150	42 040
Sulzer-imupumpun moottoriviat (2 kpl)	5 580	81 270	4 240	79 930
Ensovac-imupumpun vika	790	4 870	101 720	105 800
Alaviiran imutelan laakerivika	7 870	7 870	50 860	50 860
Kohteet B (EH-kierroksella löydetty)				
kaikki kohteet yhteensä	20 720	39 780	500 090	
ennakkokierrosten kustannukset	56 240			462 910
Yhteensä	114 180	203 170	1 224 860	1 313 850

#### 4.2.1 Jaksotettu kunnossapito

Jaksotettu kunnossapito on nimensä mukaisesti ennalta suunniteltua ja aikataulutettua. Jaksotetulla kunnossapidolla pyritään lisäämään laitteen käyttöikää sekä ehkäisemään alkavia vikoja säännöllisillä kunnossapitotoiminnoilla. Hyvänä arjen esimerkkinä jaksotetusta kunnossapidosta voidaan pitää autojen huoltokirjasta löytyvää kilometrihuolto-taulukkoa.

Jaksotetun kunnossapito-ohjelman luominen on haastavaa ja sitä pidetäänkin kunnossapidon yhtenä vaikeimmista osa-alueista. Hyvänä kunnossapito-ohjelmanä voidaan pitää suunnitelmaa, jossa tunnetaan 80 % tulevista kunnossapitotoiminnoista jo kolme viikkoa aikaisemmin. Täten suunnitellut toiminnot voidaan ajoittaa muiden huoltotoimenpiteiden tai mahdollisten tuotantoseisokkien yhteyteen.

Kunnossapito-ohjelman suunnittelu aloitetaan tarkastelemalla seuraavia tietoja.

- Vikaantumishistoria
- varaosat ja niiden käyttömäärät
- koneen toimintatapa
- koneen valmistajan antaman suositukset.

Kyseisten tietojen perusteella voidaan rakentaa toimiva kunnossapito-ohjelma, mutta sen tehokkuus voi jäädä pieneksi. Ehkäisevässä kunnossapidossa esiintyy huomattavia varmuuskertoimia, joiden takia kunnossapitotoiminnot ovat monesti liian tiheään ajoi-

tettuja. Liiallinen kunnossapito voi rahallisen tappion lisäksi aiheuttaa turhia laitteen käyttökatkoksia sekä itse kunnossapitotoimesta syntyviä vikaantumisriskejä (esitelty kappaleessa *4.3 Ehkäisevä kunnossapito toiminnallisesti*). Jaksotettu kunnossapito tulee siis suunnitella mahdollisimman tehokkaaksi, jotta ylimääräisiltä kustannuksilta säästytään (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 100).

Jaksotettu kunnossapito kohdistuu yleisesti vain säännöllisesti esiintyvien vikaantumisriskien estämiseen. Vikaantumista aiheuttaa kuitenkin muutkin tekijät kuin luontainen kuluminen ja suurimpana tekijänä onkin käyttäjä. Käyttäjistä johtuvia vikaantumisriskejä on vaikea arvioida ja niiden esiintyminen on epäsäännöllistä. Tämän vuoksi jaksotetun kunnossapidon rinnalle on otettu kuntoon perustuva kunnossapito.

#### **4.2.2 Kuntoon perustuva kunnossapito**

Kuntoon perustuvan kunnossapidon tarkoituksena on estää epäsäännöllisesti ilmenevien vikaantumisriskien esiintyminen. Kyseisiä vikaantumisriskin aiheuttajia voivat olla esimerkiksi käyttölaitteiden epätavallinen kuluminen, koneen rakenteelliset vauriot sekä apulaitteiden kuluminen.

Kuntoon perustuva kunnossapito sisältää myös ennakoivan kunnossapidon. Ennakoidussa kunnossapidossa koneen ja sen komponenttien kuntoa seurataan toistuvasti, analysoiden alkavia vikoja. Koneen kunnon analysointi voidaan toteuttaa mittaamalla tai tarkastelemalla tunnettuja merkkejä alkavista vioista (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 53).

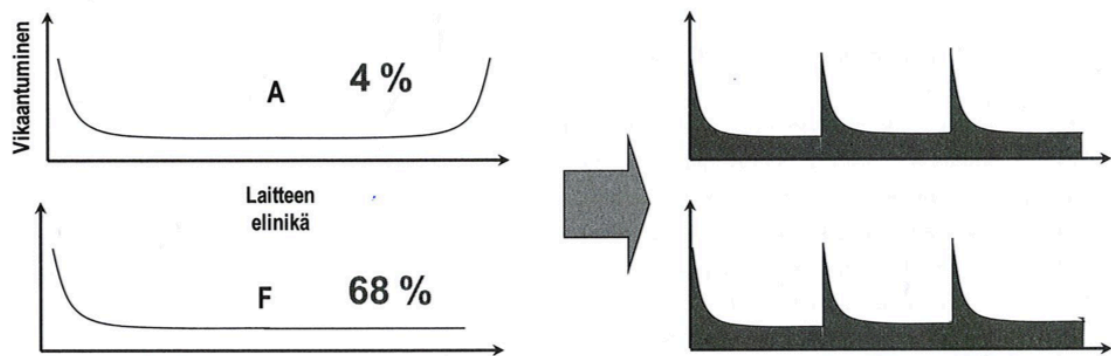
#### **4.3 Ehkäisevä kunnossapito toiminnallisesti**

Käytännön kannalta kappaleessa 4.2 esille tuotujen toimintojen hallitsemiseksi, koneen käyttäjältä vaaditaan ymmärrystä koneen toiminnasta sekä havainnointikykyä alkavien vikojen tunnistamiseksi. Täten onkin tärkeää perehdyttää koneen käyttäjät tunnistamaan laitteen normaalista toiminnasta poikkeavat toiminnot. Koneen käyttäjä onkin tärkein tekijä alkavien vikojen ja poikkeavien toimintojen havaitsemiseksi.



Yrityksiltä, jotka pyrkivät ylläpitämään ehkäisevää kunnossapitoa, vaaditaan toimivaa kunnossapitoyksikköä. Näin suunniteltujen kunnossapitotoimintojen aktiivinen toteuttaminen varmistetaan. Suunniteltujen kunnossapitotoimintojen venyttäminen ja huomiotta jättäminen heikentää laitteen toimintakykyä ja edesauttaa vikaantumista. Myös koneen käyttäjien havaitsemien alkavien vikojen hidas reagointi kasvattaa todennäköisyyttä vikaantumiselle ja koneen käyttökatkolle.

Kuitenkin on huomioitava että RCM:n kehittäjän J. Moubray:n mukaan 40-70 % ehkäisevästä kunnossapidosta tehdään turhaan. Hänen mukaansa kunnossapidon tehtäviä suoritetaan liian usein, liian paljon sekä useita tehtävistä voidaan yleisesti pitää tehottomina ja täysin turhina. Kyseistä teoriaa tukee lentokoneiden huolto- ja tarkastusohjelmistaan tunnettujen Nowlan ja Heap:n toteamus, jonka mukaan koneen aukaiseminen ja huoltaminen altistaa sen vikaantumismalleille, jotka ovat esitelty kuviossa 1. Heidän mukaansa jopa 72 % koneen aukaisemisista ja huolloista aiheuttavat kuvion 1 mukaiset vikaantumisen lähtökohdat. Kyseisen tapahtuman välttämiseksi J. Moubray ehdottikin, että kunnossapitajat pyrkisivät määrittämään koneen toimintakunnon mahdollisimman pitkälle ilman koneen avaamista (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 79 & 97).



Kuvio 1. Vikaantumismallit

## 5 KORJAAVA KUNNOSSAPITO

### 5.1 Standardin mukainen määritelmä

*Korjaava kunnossapito on kunnossapitoa, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen tavoitteena saattaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 51).*

*Korjaavaa kunnossapitoa on häiriökorjaus, kunnostaminen ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 51).*

### 5.2 Korjaavan kunnossapidon esittely

Kappaleessa 4 esitelty ehkäisevä kunnossapito pyrkii vähentämään vikaantumisen todennäköisyyttä, mutta jokainen kone vikaantuu elinaikanaan varmasti. Vikaantumisen ilmennyttyä, koneelle tehdään korjaava kunnossapito. Voidaankin todeta, ehkäisevästä kunnossapidosta poiketen, että korjaavaa kunnossapitoa tehdään vikaantumisen jälkeen. Korjaavassa kunnossapidossa havaittuihin vikoihin voidaan reagoida välittömällä huollolla tai huoltoa voidaan siirtää tarvittaessa myöhempään ajankohtaan.

Useassa tapauksessa korjaava kunnossapito edellyttää laitteen käytöstä poistoa korjauksen ajaksi. Tämä aiheuttaa välillisiä katetappioita, jolloin korjauksen lopullinen kustannus kasvaa. Jotta suurimmilta katetappioilta vältyttäisi, voi kunnossapitäjä siirtää tarvittavaa huoltoa seuraavaan suunniteltuun kunnossapidon ajankohtaan. Edellytyksenä huollon siirtämisellä on laitteen käyttökunnon säilyminen vikaantumisesta huolimatta.

Jos vikaantuminen koetaan liian vakavaksi, jolloin sen siirtäminen ei ole mahdollista, voi kunnossapitäjä suorittaa väliaikaisen tai täydellisen korjauksen laitteelle. Väliaikaisen korjauksen tavoitteena on jatkaa koneen toimintakykyä seuraavaan kunnossapidon ajankohtaan. Perusteellinen korjaus koneelle joudutaan kuitenkin suorittamaan myöhemmin, jotta koneelle asetettu toimintavarmuus saadaan palautettua ennalleen. Katetappioiden lisäksi, osien huonoa saatavuutta voidaan pitää syynä väliaikaisen korjauksen tekemiselle (Järviö & Lehtiö, 2012, ss. 46-52).

## 6 KUNNOSSAPITOSTRATEGIAT

### 6.1 TPM, Total Productive Maintenance

TPM-strategia tai suomennettuna kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito on japanilais-amerikkalainen kunnossapitostrategia, joka pohjautuu Toyota:n käyttämään TPS-strategiaan (Toyota Production Systems) (Levitt, 2010, s. 28).

TPM:n pääideana on pienentää tuotantolinjojen hävikkejä. Tuottava kunnossapito-kirjan kirjoittaja Hannu Laine listaa kirjassaan kuusi suurinta hävikkä:

- *seisokit*
- *aloitus-, lopetus- ja asetusajat*
- *vajaa teholla käynti ja lyhyet seisokit*
- *alentunut nopeus*
- *prosessivioista johtuvat laatutappiot*
- *laadun takia vähentynyt tuotanto*

(Laine, 2010).

TPM-strategia pohjautuu neljään peruskiveen ja niiden päälle rakennettaviin kuuteen pilariin. Kyseisten kymmenen toiminnon avulla pyritään pienentämään yrityksessä olevia hävikkejä ja nostamaan tuotantotehokkuutta.

#### 6.1.1 Ensimmäinen pilari, itsenäinen kunnossapito

Itsenäisessä kunnossapidossa pyritään jakamaan kunnossapidon vastuuta kaikille työntekijöille eikä vain kunnossapidosta vastaavalle yksikölle. Näin ollen työntekijöiden resursseja pyritään hyödyntämään mekaanisen työn lisäksi myös älyllisesti. Hannu Laineen kirjoittamassa kirjassa lainataankin erästä suomalaista yritysjohtajaa, jonka mukaan noin 90 % työntekijöistä käyttää työssään vain käsiään, jolloin 10 vain % hyödyntää päätään ja käsiään (Laine, 2010, s. 42).

TPM-strategiaan siirrytään monesti ehkäisevän kunnossapitotoiminnoista, joissa kunnossapitoyksikkö hoitaa lähes kaikki laitteet. Suurin muutos ehkäisevästä kunnossapi-

dosta siirryttäessä muodostuu pienten ylläpitävien kunnossapitotoimintojen siirtymistä koneen käyttäjille. Siirtyviä toimintoja ovat niin sanotut TLC-toiminnot (tighten/pulttien kiristys, lubricate/rasvaus sekä clean/puhdistus), jotka työllistävät kunnossapitoyksikköä säännöllisesti. Kyseisten toimintojen poistaminen kunnossapitoyksikön työlistalta, antaa heille enemmän aikaa keskittyä haastavampiin sekä vikaantuessaan enemmän katetappiota tuottaviin vikaantumisriskeihin (Levitt, 2010, ss. 35-38).

Peruskunnossapidon toimintojen siirtäminen koneen käyttäjälle vaatii perehdytyksen koneen toimintaan. Tavoitteeksi voidaan asettaa, että koneen käyttäjä tuntee koneen toiminnan hyvin ja kykenee omatoimisesti tunnistamaan häiriökäytöksen. Tämän lisäksi, jotta perusteellinen TPM-asema saavutetaan, on koneen käyttäjän kyettävä tunnistamaan häiriökäytöksen sijainti ja sen vakavuuden laatu, jos vika koetaan pieneksi on käyttäjän kyettävä korjaamaan vika (Levitt, 2010, ss. 39-40).

### **6.1.2 Toinen pilari, jaksotettu kunnossapito**

Jaksotetulla kunnossapidolla pyritään yhdistämään käyttökatkoksen vaativia kunnossapitotoimintoja samaan ajankohtaan, jolloin suurimmilta katetappioilta säästytään. Jaksotettuun kunnossapitoon osallistuvat kunnossapitoyksikön henkilöstö sekä koneen käyttäjät. Tarkempi määritelmä jaksotetusta kunnossapidosta on esitetty kappaleessa 4.2.1.

### **6.1.3 Kolmas pilari, laatua parantava kunnossapito**

Viallisista tai epäkuranteista tuotteista syntyy hävikkiä sekä kustannuksien että työtuntien muodossa. Useassa tapauksessa tuotteille suoritetaan laadullinen tarkastus tuotantolinjan lopputarkastuksessa, jotta asiakkaalle ei päätyisi viallista tuotetta. TPM-menetelmässä pyritään tunnistamaan epäkurantit tuotteet jo ennen kuin ne etenevät tuotantolinjalla eteenpäin. Näin viallisten tuotteiden jatkojalostusta ei tapahdu ja säästetään tuotantolinjan resursseja.

Tämän lisäksi menetelmässä pyritään löytämään ja korjaamaan viallisten tuotteiden aiheuttavat tekijät, jolloin viallisten tuotteiden valmistusmäärä pysyisi mahdollisimman

pienenä. Kyseistä toimintoa kutsutaan laatua parantavana kunnossapidona (Laine, 2010, ss. 73-74).

#### **6.1.4 Neljäs pilari, tuotteiden laatu**

Kolmannen pilarin tarkoituksena on estää viallisten tuotteiden jatkojalostus. Tämä ei kuitenkaan poista tuotantoketjusta lopputarkastuksen tärkeyttä. Jotta tuotteiden laatu pysyisi mahdollisimman korkeana, suoritetaan tuotteille lopputarkastus ennen niiden lähettämistä asiakkaalle. Näin taataan asiakastyytyväisyys sekä palautettavien tuotteiden määrä saadaan vähenemään (Levitt, 2010, s. 55).

#### **6.1.5 Viides pilari, laitteiden ja prosessien jatkuva kehittäminen**

Laitteiden ja prosessien jatkuvalla kehittämisellä pyritään parantamaan koko tuotantolinjan tehokkuutta ja näin pienentämään hävikiksi luettavaa vajaakäyntiä sekä viallisten tuotteiden määrää. Jatkuva kehittäminen sallii kaikkien työntekijöiden kehitysideat, sillä koneen käyttäjällä on monesti paras tieto siitä miten koneen toimintaa voidaan parantaa.

Jatkuvaa kehittämistä voidaan pitää suurten innovaatioiden vastakohtana. Suuret laitteiden tai prosessimuutoksen vaativat paljon investointeja, kun taas jatkuva kehitys on edullista tai jopa ilmaista (Levitt, 2010, s. 56).

#### **6.1.6 Kuudes pilari, uusien laitteiden hallitseminen ja käyttöönotto**

TPM-menetelmän ohjeistus uusien laitteiden suhteen keskittyy pitkäkatseisuuteen. Laitteiden valinnassa ei kannata tarkastella vain hankintahintaa vaan huomio kannattaa kiinnittää sen tuottamiin kokonaiskustannuksiin. Levitt:n kirjassa mainitaan esimerkkinä tilanne, jossa yhden dollarin säästö hankintahinnassa tuottaa 10 dollarin katemenehtyksen huoltokuluina ja viallisina tuotteina. Tämän lisäksi laitteiden hankinnan jälkeiseen sisäanajo kannattaa suorittaa rauhassa. Laitteen toiminnan opettelu, asetuksien säätäminen sekä kunnossapidon koulutus vähentävät usean laitteen kohdalla tapahtuvia ”lastentauteja”. Uusien laitteiden liittäminen tuotantolinjan osaksi kannattaakin toteuttaa

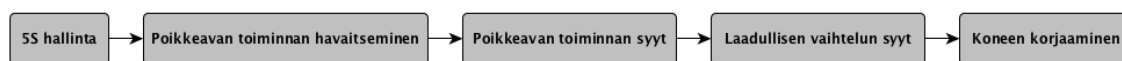
vasta kun laitteen käyttäjät ja toiminta ovat linjaston vaatimalla luotettavuustasolla. Täten tuotantolinjan yleinen toimintavarmuus pysyy samana tai jopa paranee (Levitt, 2010, s. 57).

#### **6.1.7 Neljä peruskiveä, turvallisuus, terveys ja työympäristö, koulutus, työjohton TPM sekä 5S-menetelmä**

Jotta yllä esitellyt kuusi pilaria voitaisiin pystyttää, on TPM-strategiassa ensin perustettava vakaa pohja muutokselle. TPM:n perustana toimivat turvallisuus ja terveys, koulutus, 5S-menetelmä sekä työjohton TPM (Levitt, 2010, ss. 58-60). TPM pohjautuu suurelta osin työntekijöiden oma-aloitteisuuden sekä vaikutusvallan kasvamiseen. Jotta työntekijöiden resursseista saadaan suurin hyöty irti, on heidän työolonsa oltava mahdollisimman hyvät. Uuden työmenetelmän mukana on kiinnitettävä huomiota siihen, että myös työntekijät pitävät sitä järkevänä ja sitä kautta motivoituvat sen tuomiin mahdollisuuksiin.

Työturvallisuuden, terveyden sekä työympäristön suhteen TPM:n luo koneen käyttäjille uuden mahdollisuuden kehittää omia työolojaan. Koska edellä mainitut tekijät ovat TPM:n perustana, on niihin kiinnitettävä tarvittavasti huomiota. Työntekijöille on tärkeää kertoa heidän mahdollisuuksistaan vaikuttaa esimerkiksi uusien työtuolien tai työvaatteiden valinnassa. Työntekijöille on luotava mieluisa työpaikka, jolloin heidän motivaationsa työntekoon sekä innovaatio jatkuvan kehityksen kasvaisi. Kari Tuominen toteaaakin kirjassaan että turvallisuus-, terveys sekä ympäristöstandardien noudattamien sekä tunteminen on helppoa kun ne ovat itse kehitettyjä (Tuominen, 2010, s. 138). Yleisesti TPM määrittää nollatoleranssin työtatapaturmien suhteen.

TPM tuo mukanaan huomattavan määrän uutta hallittavaa koneen käyttäjille. Tämän vuoksi onkin tärkeää perehdyttää heidät perusteellisesti, sillä ilman koneen tuntemista, sen huoltaminen ei onnistu. Koulutukseen on siis varattava niin paljon aikaa kuin koulutettava oppimiseen tarvitsee, jotta työturvallisuus pysyy toivotulla tasolla sekä kunnossapidon työt onnistuvat toivotusti. Hyvä koulutuksen perusrakenne voidaan rakentaa kuvion 2 mukaiseksi. Koulutusta on hyvä järjestää ”kädestä pitäen” kunnossapitoyksikön johdolla. Työntekijöiden ammattitaidon lisääminen antaa heille lisävarmuutta työn tekoon sekä korostaa heidän tärkeyttään ja korvaamattomuutta tuotantoketjussa.



Kuvio 2. Koulutuksen perusrakenne esimerkki

Uuden työmenetelmä toiminnan varmistamiseksi, on työjohdon sitouduttava siihen. Työjohdon tulee ajaa TPM:n vaatima muutostyö huolellisesti sekä kärsivällisesti läpi. Muutos vaatii osakseen koulutusta sekä rahallista investointia. Muutoksen läpivientiin onkin hyvä nimetä oma työryhmä. Työryhmän osaksi jää koulutusten suunnittelu, työntekijöiden kuuleminen sekä muutoksen yleinen hallinnointi. Läpivienti kannattaa toteuttaa laite kerrallaan alkaen vaikeimmasta kohteesta. Näin työmäärä pysyy hallinnassa ja toivotut tulokset näkyvät mahdollisimman nopeasti. Työjohdon TPM-menetelmään kuuluu myös omalta osalta osallistuminen. Näin ollen hallintopuolen henkilöstön on myös käytävä läpi TPM-menetelmän pilarit sekä peruskivet.

Viimeisenä TPM:n osana on 5 S-menetelmä, jonka perusajatuksena on poistaa työpisteeltä kaikki ylimääräiset häiriötekijät sekä tavarat. Näin saadaan luotua turvallisempi sekä tuottavampi työympäristö. Menetelmän monikäyttöisyyden sekä hyödyllisyyden vuoksi se on esitelty erikseen kappaleessa 6.2 5 S-laatu järjestelmä.

## 6.2 5S-laatu järjestelmä

5S-laatu järjestelmä ei ole suoranaisesti kunnossapitostrategia, mutta sen hyödyntämistä kunnossapitostrategian osana voidaan pitää todella merkittävänä. 5S-laatu järjestelmän synty toisen maailman sodan jälkeisessä Japanissa. Järjestelmän luojina pidetään Toyota:n perustajaa Sakichi Toyoda, hänen lastaan Kiichiro Toyoda ja yrityksen ylläpitäjää Taiichi Ohno (Ridpath, 2008).

5S-menetelmä toimii viisivaiheisesti. Toimintavaiheet ovat nimetty japaninkielisesti seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke, joista muodostuukin 5S-menetelmän nimi. Menetelmän ideologian ymmärtäminen onnistuu parhaiten käsittelemällä vaiheet yksi kerrallaan (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 115).

Ennen 5S-menetelmän käyttöönottoa, on hyvä esitellä työntekijöille syyt ja tavoitteet työpaikan uudistumiseen. Jotta menetelmä toimisi odotetusti, on tärkeää että käsiteltä-

vän vaiheen toimintatavat ovat vakiinnutetut ja lopulliset, ennen seuraavaan vaiheeseen siirtymistä.

### **6.2.1 Seiri, lajitteluvaihe**

Menetelmän käyttöönotto aloitetaan lajitteluvaiheella. Lajitteluvaiheessa tarkoituksena on poistaa työpisteeltä ylimääräiset materiaalit, komponentit sekä työkalut. Tavoitteena on luoda työpiste, jossa on työn kannalta vain tärkeimmät työkalut ja komponentit. Lajittelussa voi hyödyntää Qualitas Fennica Oy:n käyttämää punalappu-menetelmää, jossa ylimääräiset työkalut ja komponentit merkitään punaisella lapulla. Lajittelun jälkeen punaisella merkityt tavarat joko hävitetään tai siirretään niille erikseen järjestettyyn tilaan. Lajittelun tulisi olla tässä vaiheessa mahdollisimman lopullista (J Moisio/Qualitas Fennica Oy, 2006).

Ylimääräisten tavaroiden siirtämisen ansiosta, työpisteellä olevien tavaroiden käsittely helpottuu pienemmän tavaramäärän ansiosta. Näin ollen työnteko nopeutuu, tilankäyttö tehostuu sekä mahdollisten vikaantuneiden työkalujen tai työkalu ja komponentti puutteiden havainnointi selkeytyy. Havainnoinnin selkeytyessä puutteisiin puuttuminen nopeutuu, jolloin tuotannon yleinen tehokkuus ja laatu kasvaa (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 115).

### **6.2.2 Seiton, järjestelyvaihe**

Kun ylimääräiset tavarat on siirretty syrjään työpisteeltä, tulee jäljelle jätetyille tavaroille merkitä selkeästi omat paikkansa. Tavaroiden järjestely voidaan toteuttaa työn kulun kannalta tai tavaroiden luokkien kannalta. Esimerkiksi asennettavat komponentit voidaan järjestää työpisteelle niiden asennusvaiheiden mukaan, ensimmäiseksi asennettava ensimmäiseksi, toiseksi asennettava toiseksi jne. tai niiden luokkien mukaan, painekomponentit erikseen ja sähkökomponentit erikseen. Tärkeintä on kuitenkin löytää käyttäjän kannalta selkein järjestys ja konkreettisesti nimetä jokaiselle tavaralla oma paikkansa. Qualitas Fennica Oy otti esityksessään esille tavaroiden värimerkitsemisen, jolloin jokaisella käytetyllä työkalulla on oma värimerkkinsä tavaroiden järjestelyn helpottamiseksi (J Moisio/Qualitas Fennica Oy, 2006).



Hyvin järjestetyssä työpisteessä, jokaisella tavaralla (työkalut, komponentit sekä kalusteet) on oma nimetty paikkansa. Tällöin työntekijästä riippumatta tarvittavien tavaroiden paikantaminen, käyttäminen ja palauttaminen paikalleen käy nopeasti, jolloin työn teko helpottuu ja säästetään aikaa. Hyvin järjestetyllä työpisteellä on suora vaikutus työntekijän työhyvinvointiin ja keskittymiseen, sillä turhautumista aiheuttava työkalujen etsiminen ja häiriötä aiheuttavat roskat ja esineet ovat poistettu.

### **6.2.3 Seiso, siivousvaihe**

Siivousvaihe ja tarkemmin esitettynä siistinäpito vaihe on tärkeä toiminto 5S-menetelmän kannalta. Siivousvaiheen tarkoitus on ylläpitää työpisteen siisteyttä päivittäin. Menetelmän mukaan, jokainen työntekijä vastaa oman työpisteensä siisteydestä. Siistinäpitoalueet tulisi merkitä selkeästi, jotta työntekijöille on selvää kuinka suuri alue kuuluu hänen vastuulleen. Oma aluetta pyritään siivoamaan työn ohessa, jolloin siihen käytetty aika ei kuormitu vain yhdelle ajankohdalle. Näin ensimmäisen ”suursiivouksen” jälkeen siisteyden ylläpidosta ei tulisi rasite vaan työn ohessa suoritettava tapa. Jotta työympäristön siisteydestä pidetään huolta, on hyvä nimetä tilakohtaiset vastuuhenkilöt. Vastuuhenkilöiden tehtävänä on tarvittaessa huomauttaa omassa tilassaan toimivien työntekijöiden työpisteiden siisteydestä. Tilat voidaan jakaa yrityksen toimintojen mukaisesti esimerkiksi kunnossapitoon, varastoon, lähettämöön, työnjohtoon. Siisti työympäristö ehkäisee työtaturmilta, parantaa työviihtyvyyttä ja edesauttaa järjestyksen ylläpitoa.

### **6.2.4 Seiketsu, ohjeistusvaihe**

Ohjeistusvaiheella tarkoitetaan 5S-menetelmän mukaan siisteyden määrittelyä. Tarkoituksena on siis luoda kaikille työntekijöille yhteinen käsitys työpaikan siisteydestä ja miten se mitataan (Järviö & Lehtiö, 2012). Qualitas Fennica Oy korostaa visuaalisen ohjeistuksen tärkeyttä, jolloin edellisten 5S-toimintojen jälkeen saavutetut tilanteet kuvataan ja näin luodaan tavoitetilä, jota pyritään ylläpitämään (J Moisio/Qualitas Fennica Oy, 2006). Kuvien esittämisen lisäksi on hyvä kirjoittaa yhteiset siisteys määritelmät paperille ja sijoittaa ne jokaiselle työpisteelle. Ohjeistusvaihetta pyritään ylläpitämään niin kauan kuin jokaiselle työntekijälle on selvää mitä heiltä siisteyden suhteen odote-

taan. Toisin sanoen kyseisessä vaiheessa pyritään luomaan selkeät ja helposti noudatettavat pelisäännöt 5S-menetelmän suhteen.

### **6.2.5 Shitsuke, sitoutumisvaihe**

Jotta menetelmä toimisi odotetusti, on jokaisen työntekijän sitouduttava noudattamaan ohjeistusta ja siisteystavoitteita. Tavoitteena on siis omaksuttaa jokainen työntekijä toimimaan omatoimisesti siisteyden ylläpitämiseksi, jolloin esimiehien tai nimettyjen vastuuhenkilöiden ei tarvitse enää ohjeistaa työntekijöitä asian suhteen. Sitoutumisvaihetta voidaan pitää kuvitteellisena maalina, joka päättää 5S-menetelmän aiheuttavat muutokset.

Sitoutumisvaiheessa on hyvä palata alussa määriteltyihin tavoitteisiin ja tarkastella niiden toteutumista. Onnistuneena muutoksen läpivientinä voidaan pitää tilannetta, jossa alussa määritellyt tavoitteet siisteyden suhteen ovat toteutuneet sekä työpisteiden siisteys pysyy hyvänä ilman erillistä ohjeistusta ja valvontaa.

Laatujärjestelmän perusajatuksena on luoda siisti ja motivoiva työpiste, jossa työkalut ja käytettävät komponentit olisivat nopeasti käytettävissä. Siisti työympäristö vähentää myös häiriötekijöiden syntymistä, jolloin työntekijän on helpompi keskittyä tekemäänsä työhön. 5S-laatujärjestelmää voidaan yleisesti luulla työpisteen siivousprojektiksi, mutta työturvallisuuskeskus Internet-sivujen mukaan se on työhyvinvoinnin, prosessien kehittämisen sekä jatkuvan parantamisen perusta (Työturvallisuuskeskus).

### **6.2.6 5S-menetelmän tarkastuslomake**

Järviön ja Lehtiön julkaisemassa kunnossapito kirjassa on esitelty Service Management Solutions SMS Oy:n luoma tarkastuslomake (liite 1), jonka avulla 5S-menetelmään siirtyvän yrityksen on helppo seurata muutoksen tärkeimpiä vaiheita ja niiden toteutumista (Järviö & Lehtiö, 2012).

### 6.3 RCM, Reliability Centered Maintenance

RCM-strategia tai suomennettuna luotettavuuskeskeinen kunnossapito perustuu kunnossapitotarpeiden priorisointiin sekä vikaantumissyiden tarkempaan analyysiin. Tavoitteena RCM-menetelmässä on vähentää turhia sekä tehottomia kunnossapidon toimintoja. Kuten kappaleessa 4.3 mainittiin, RCM:n kehittäjän Moubray:n mukaan 40-70 % kunnossapidon toiminnoista suoritetaan turhaan. Pyrkimyksenä on siis priorisoida kunnossapitoon käytetty aika laitteisiin, joita pidetään tuotantolinjan toiminnan kannalta kriittisimpinä. Yleisen kunnossapidon taso ei tuotantolinjassa saa kuitenkaan laskea, jolloin tuotantolinja varmuus samalla laskisi. Voidaankin todeta että tuotantolinjan varmuus määräytyy, sen epävarmimman komponentin mukaisesti (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 97 & 161). Hyvin toteutetussa RCM-menetelmässä kunnossapidon toimintojen tulisi vähentyä juurikin Moubray:n mainitseman 40-70 %.

RCM-menetelmässä huomio kiinnitetään laitteiden kunnossapitotoimintojen valintojen sijasta kunnossapidon aiheuttaneiden tekijöiden tarkasteluun. Laine esittääkin kirjassaan RCM:n kannalta tärkeän ajatuksen, siitä että kunnossapidon kohdalla kysymys ei saisi olla mitä toimintoja tehdään vaan miksi toimintoja tehdään (Laine, 2010, s. 127). Kysymykseen pyritään saamaan vastaus tarkastelemalla perimmäisiä syitä laitteen vikaantumiselle, sen komponenttien tarkalla vikaantumisanalyysillä.

Ennen RCM-prosessin aloittamista on tutkittaville laitteille määritettävä niiden toiminnallinen ihannetilä. Ihannetilana voidaan pitää maksimi toiminta-astetta, jolla laite kykenee täyttämään käyttäjän määrittämät tuotanto- sekä laatuvaatimukset. Käyttäjän määrittämä toiminta-aste tulee olla laitteen maksimi tuotantokyvyn alapuolella, muutoin laite käy liikatuotantoteholla ja altistuu vikaantumiselle.

RCM-prosessin läpivientiin on hyvä käyttää Moubray:n esittelemää seitsemän peruskysymyksen tekniikkaa. Seitsemänkohtainen prosessi on tarkemmin avattu kysymyslistauksen alle.

1. *Mitkä ovat laitteen toiminnot ja suorituskystandardit sen tämänhetkisessä toimintaympäristössä?*
2. *Mitä tapahtuu kun laite rikkoutuu (mitkä toiminnot jäävät tapahtumatta)?*
3. *Mikä aiheuttaa kunkin laitteen toiminnon puuttumisen/ vajaatoiminnan?*
4. *Mitä tapahtuu kunkin vikaantumisen yhteydessä?*
5. *Mitä vahinkoja kukin vikaantuminen aiheuttaa?*
6. *Mitä voidaan tehdä kunkin vikaantumismallin havaitsemiseksi riittävän ajoissa tai vikaantumisen estämiseksi?*
7. *Mitä tehdään, jos sopivaa ehkäisevää toimenpidettä ei löydy?*

(Järviö & Lehtiö, 2012, s. 164)

### **6.3.1 Ensimmäinen kysymys, toiminnot ja suorituskystandardit**

RCM-menetelmä aloitetaan laitteelta vaadittujen toimintojen määrittämisellä. Toiminnot voidaan jakaa kahteen pääryhmään, primäärisiin toimintoihin sekä sekundäärisiin toimintoihin. Primääritoiminnot ovat valmistettavan tuotteen kannalta ehdottomia toimintoja. Primääritoiminnoille asetetaan vaatimuksia, jotka määrittävät laitteelle tuotantoajan, laadun sekä tuotantokapasiteetin. Sekundääriset toiminnot eivät suoranaisesti liity laitteen tuottamaan tuotteeseen vaan ne helpottavat ja tekevät tuotteen valmistamisesta turvallisempaa. Sekundäärisiä toimintoja ovat esimerkiksi laitteen käyttöystävällisyys, turvallisuus sekä taloudellisuus. Toimintojen määrittämisellä pyritään selvittämään jokaisen laitteen komponentin käyttötarkoitus ja näin ollen saadaan luotua alustava käsitys komponenttien tärkeydestä. Moubray korostaakin ensimmäisen vaiheen tärkeyttä sanomalla siihen kuluvaan ajan olevan kolmannes koko prosessin kulutetusta ajasta (Moubray, 1997, s. 8).

### 6.3.2 Toinen kysymys, toimintahäiriöt

Ensimmäisessä RCM-vaiheessa määriteltiin laitteen kaikkien komponenttien merkitys toiminnan kannalta. Toisessa vaiheessa pyritään tarkastelemaan mitä vikaantumisriskejä kyseisillä komponenteilla esiintyy. Vikaantuminen RCM-menetelmässä tarkoittaa laitteen tai komponentin kykenemättömyyttä suorittaa sille määritetyt toiminnot. On huomioitavaa, että RCM-menetelmässä laitteen liikatuotanto luetaan vikaantumiseksi. Liikatuotanto aiheuttaa liiallista kulumista laitteen komponenteille, ja monessa tapauksessa liikatuotanto voi aiheuttaa suurta laadullista vaihtelua tuotteissa (Moubray, 1997, s. 9).

Vikaantumisriskien analysointiin on hyvä hyödyntää Moubray:n esittelemää kahden vaiheen analyysia:

- Missä olosuhteissa vikaantuminen ilmenee?
- Mitkä tilanteet/ tapahtumat johtavat vikaantumisen syntymisen?

(Moubray, 1997, s. 9)

### 6.3.3 Kolmas kysymys, vikamuodot

Toimintojen puuttumisen tai niiden vajaatoiminnan määrittämisen jälkeen voidaan aloittaa niihin johtaneiden syiden tarkastelu. Tavoitteena kyseisessä vaiheessa on määrittää kaikki mahdolliset vikaantumista aiheuttavat tekijät. Tarkasteltavia tekijöitä ovat kappaleen normaali kuluminen, rakenteen väsyminen ja repeytyminen sekä inhimilliset virheet. Inhimillisillä virheillä kyseisessä kohdassa tarkoitetaan laitteen väärinkäyttöä, kunnossapidon mahdollisia virheitä sekä suunnitteluvirheitä. Analyysi pyritään suorittamaan mahdollisimman tarkasti, jotta kaikki vikaantumiseen johtavat tekijät tulisivat huomioitua (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 165).

#### 6.3.4 Neljäs kysymys, vikojen vaikutukset

Neljännessä vaiheessa tarkastellaan vikaantumisesta johtuvia vaikutuksia laitteen toimintaan. Tarkastelun pohjana käytetään seuraavia Moubray:n esittelemiä kysymyksiä:

- *Mistä voidaan todeta, että vikaantuminen on tapahtunut (jos voidaan)?*
- *Mitä turvallisuus- tai ympäristöriskejä vikaantuminen aiheuttaa (jos aiheuttaa)?*
- *Mitä vaikutuksia vikaantumisella on laitteen toimintaan tai tuotantoon (jos vaikuttaa)?*
- *Mitä vahinkoa vikaantuminen aiheuttaa laitteelle (jos aiheuttaa)?*
- *Mitä korjaustoimenpiteitä vikaantuminen vaatii?*

(Moubray, 1997, s. 10)

Edeltävien kysymysten perusteella saadaan jo hyvä käsitys laitteen komponenttien kriittisyydestä toiminnan kannalta. Kyseinen vaihe kuten kaikki muutkin vaiheet RCM-menetelmässä tulee toistaa jokaiselle laitteen komponentille.

#### 6.3.5 Viides kysymys, vikojen seuraukset

Edellä mainitut toiminnot tuottavat lukuisia erilaisia vikamuotoja. Jokaisella vikamuodolla on omat vaikutuksensa niin yritykseen kuin itse laitteeseen. Yhteistä jokaisella vikamuodolla on sen korjaamiseen vaadittava aika ja siitä syntyneet kustannukset. Seuraavassa vaiheessa pyritään järjestämään selvitetty vikamuodot neljään RCM-prosessin kannalta tärkeään ryhmään:

- *Piilevien vikojen seuraukset*
  - ei suora vaikutusta toimintaan
  - käynnistää vikaantumisketjun, jolla vakavammat seuraukset.
- *Turvallisuus ja ympäristöseuraukset*
  - turvallisuusriskejä ilmenee
  - ylittää ympäristösäädöksiin määritetyt päästö- ja haittarajat.
- *Toiminnalliset seuraukset*
  - vaikuttaa laitteelle annettuihin tuotantotavoitteisiin
    - määrä, laatu, asiakaspalvelu tai käyttökustannukset.
- *Ei-toiminnalliset seuraukset*

- ei vaikutusta laitteen normaalille toiminnalle  
(Järviö & Lehtiö, 2012, s. 166).

Suurin ero muihin kunnossapitostrategioihin verrattuna muodostuu yllä olevan jaottelun ansiosta. RCM-menetelmässä pyritään tarkastelemaan vikaantumisesta johtuvia seurauksia eikä niinkään vikaa itsessään. Näin ollen komponentin hankintahinta tai sen tekninen toiminta eivät ole tärkeitä kriittisyyden kannalta. Täten myös laitteiden hankintahinnaltaan halvat, mutta toiminnan kannalta kriittiset osat nousevat esiin. Kyseisen vaiheen avuksi on hyvä ottaa kappaleessa 6.3.7 esitelty Laineen vika ja vaikutusanalyysilomakkeen kaltainen työkalu.

### **6.3.6 Kuudes kysymys, Vikaantumisen hallinnan tehtävien valinta**

Vikamuotojen jaottelun jälkeen, RCM-prosessin kannalta kriittisimmät komponentit ja niiden vikamuodot ovat selvillä. Seuraavana toimenpiteenä selvitetään tiedossa olevien vikamuotojen vaativat ehkäisevät toimenpiteet sekä toimintaohjeet. Toimenpiteiden valinta tapahtuu komponentin vikamuotojen aiheuttamien seurausten perusteella. Toimenpiteiden valinnassa hyödynnetään kappaleessa 6.3.7 esiteltyä RCM-päätöksentekokaaviota.

Laitteen toiminnan kannalta kriittisiä vikaantumisia aiheuttaviin vikamuotoihin käytetään proaktiivisia toimintoja, joiden tarkoituksena on estää vikaantuminen, jolloin koneen käyttöaste pysyy toivotulla tasolla. Proaktiivisia toimintoja ovat jaksoitettu korjaus tai uusiminen sekä kunnonvalvonta. Jaksotettu korjaus ja uusiminen suoritetaan kappaleessa 4 esitettyjen ehkäisevän kunnossapidon metodein. Kunnonvalvonnalla pyritään seuraamaan vikaantumisesta aiheutuvia merkkejä laitteen toiminnassa. Seuranta voidaan suorittaa joko mittaamalla tai käyttäjän aisteja hyväksi käyttäen. (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 166)

Jos vikaantumista ei voida ennaltaehkäistä tai havaita, määritellään laitteelle tai sen komponentille korjaus- tai toimintaohjeet. Näin vikaantumisen ilmetessä laitteelle voidaan toteuttaa ohjeistuksen mukaiset toimenpiteet, joita ovat vian etsintä sekä korjaava kunnossapito (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 166).

Ei-toiminnallisia seurauksia aiheuttavien vikamuotojen suhteen laitetta käytetään seuraavaan jaksotettuun huoltoon saakka, jolloin vikamuodot korjataan.

### 6.3.7 RCM-menetelmän työkalut

RCM-menetelmässä yleisesti käytettyjä työkaluja ovat RCM-päätöksentekokaavio sekä vika ja vaikutusanalyysi (VVA), jonka alatoimintona vioittumistavan selvittävä lomake. Prosessin kulun suhteen yllä mainittujen työkalujen käyttäminen alkaa vioittumistapa-lomakkeesta. Lomakkeen tarkoituksena on selvittää eri tasoilla tapahtuvaa vikaantumista sekä niiden lähtötekijät. Työkalun tarkoituksena on yhdistää usean eri ilmenevän vikamuodon lähtötekijät yhteen. Usein yksi lähtötekijä aiheuttaa laitteeseen monia eri vikamuotoja, joita voidaan vähentää lähtötekijän oikealla kunnossapidolla.

Seuraavana työkaluna prosessissa voidaan käyttää vika ja vaikutusanalyysiä. VVA-lomakkeita on lukuisia erilaisia ja RCM-strategian käyttöönottoa suunnittelevan yrityksen tuleekin valita heidän tarpeisiinsa sopivin. Laine esittelee kirjassa yksinkertaistetun mallin VVA-lomakkeesta (liite 2). Hänen mukaansa kyseisellä lomakkeella päästään jo hyviin tuloksiin (Laine, 2010, s. 128).

Laineen lomakkeessa huomioidaan varaosien kriittisyyttä kolmessa eri luokassa:

1. Korkea kriittisyys
  - pysäyttävät vikaantuessaan laitteen heti tai vikaantuminen aiheuttaa huomattavaa toimintakyvyn tai laadun laskua
  - vikaantuminen aiheuttaa turvallisuus- tai ympäristöriskejä.
2. Matala kriittisyys
  - laitetta voidaan käyttää, mutta osan vaihtaminen/ korjaaminen tulee toteuttaa mahdollisimman pian.
  - vikaantuminen alentaa hieman toimintakykyä tai laatua.
3. Ei-kriittinen
  - laitetta voidaan käyttää seuraavaan jaksotettuun kunnossapitoon saakka
  - vikaantuminen ei vaikuta oleellisesti tuotteiden laatuun tai laitteen käytettävyyteen (Laine, 2010, s. 128).



Prosessin viimeisenä sekä samalla työläimpänä työkaluna voidaan käyttää RCM-päätöksentekokaaviota. Päätöksentekokaavion tarkoituksena on avustaa kappaleessa 6.3.5 esitellyn vikamuotojaottelun tarkastelua sekä ehdottaa vikamuodolle sopiva proaktiivinen toimenpide. Päätöksentekokaaviota käytetään jokaisen vikamuodon kohdalla, jolloin sen vaatima aika on huomattava. Kuten kaikissa RCM-lomakkeissa myös kaavion kohdalla vaihtoehtoja on lukuisia. Järviön ja Laineen kirjassa esitellään toimiva sekä helppolukuinen vaihtoehto (liite 3) (Järviö & Lehtiö, 2012, ss. 168-173).

#### **6.4 SRCM, Streamlined Reliability Centered Maintenance**

SRCM-strategia on nimensä mukaisesti suoraviivaistettu RCM-menetelmä. RCM-menetelmä itsessään on hyvin pitkäkestoinen ja kallis metodi analysoitaessa laitteen kunnossapidon tarvetta. Sen vuoksi kehitettiin kevennetty versio RCM:sta, SRCM. SRCM-menetelmässä käytetään samoja työkaluja kuin RCM:ssa.

Erona normaaliin RCM-menetelmään, SRCM-menetelmässä huomioidaan kokemusperäiset vikaantumistiedot kunnossapitäjiltä, käyttäjiltä sekä suunnittelijoilta. Näin ollen kyseisiä kohteita voidaan analysoida VVA-lomakkeella sekä päätöksentekokaaviolla ilman syvempää analyysia.

Tämän lisäksi RCM-menetelmästä poiketen, huomattavasti ylimitoitettuja komponentteja, joihin ei kohdistu kulumista tai väsymistä, ei tarvitse analysoida. Kyseisiä osia voivat olla esimerkiksi rungon osat. Näin ollen RCM-menettelyä saadaan kevennettyä, mutta samalla SRCM:n tulokset eivät aivan yllä samalla tasolle (Chris J. Armitage/Computational Systems, 2003, s. 2).

#### **6.5 Muita maininnan arvoisia strategioita**

Yllämainittujen strategioiden lisäksi teollisuudessa käytetään useita muita strategioita sekä niiden yhdistelmiä. Opinnäytetyön kannalta strategioiden läpi käyminen sekä esittely ei ole olennaista niiden haastavuuden tai yrityksen tarpeisiin sopimattomuuden kannalta. Strategioista on kuitenkin hyvä nostaa esiin kaksi yleisesti käytössä olevaa kunnossapitostrategiaa, Asset Management sekä Six Sigma.

Asset Management eli tuotanto-ominaisuuden hoitaminen keskittyy tuotantolaitoksen tuotantolaitteiden hallintaan siten, että yritys saavuttaa liiketoiminnalliset tavoitteensa mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Asset Management-strategia pohjautuu syvästi SAMI Corporation:n luomaan kunnossapito pyramidiin (kuvio 3). Pyramidi kuvastaa yrityksen kehittymisen vaiheita ja vaiheisiin liittyvien asioiden hallinnointia. Kuten kuviosta 3 voidaan todeta, että asset management sisältää useiden eri strategioiden sekä koko tuotantolaitoksen yleistä hallitsemista (Järviö & Lehtiö, 2012, s. 122).

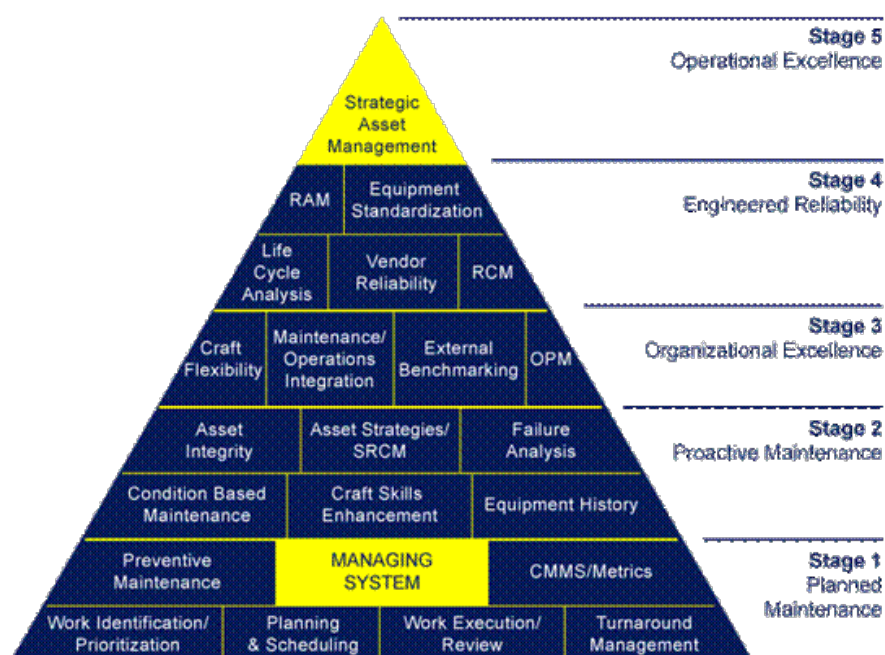


Figure 1: Asset Healthcare

Kuvio 3. SAMI-pyramidi (Peterson)

Six Sigma on Motorola:n kehittämä laatuksellinen kunnossapitostrategia. Six Sigma pohjautuu lukuisiin laatujohtamisen työkaluihin, joiden avulla pyritään luomaan koko tuotantoketjun kattava laatujohtamismalli. Kyseisessä kunnossapitostrategiassa toiminnan mittarina pidetään sigmatasoa, joista korkein kuudes taso sallii 3,4 virhettä miljoonassa tuotteessa. Kuten virheellisten tuotteiden määrästä voidaan päätellä, strategia on erittäin haastava hallita. Yleisesti Six Sigma-menetelmää hyödynnetään teknisesti vaativassa teollisuudessa esimerkkinä elektroniikkateollisuus (Järviö & Lehtiö, 2012, ss. 129-131).

## **7 TARKASTELTAVAN LAITTEISTON ESITTELY**

### **7.1 Pumppuyksikön esittely**

### **7.1.1 Rivimäntäpumpun esittely**



### **7.1.2 Vapaakiertoventtiili**



## **8 KUNNOSSAPIDON SUUNNITTELU**

### **8.1 Pumppuyksikön kunnossapitotarpeen määrittäminen**



## **8.2 Kunnossapitotarpeeseen vaikuttavat tekijät**

### **8.2.1 Käyttöaste**

### **8.2.2 Käyttöpaine**

### **8.2.3 Imuveden lämpötila**

#### **8.2.4 Imuveden kovuus ja puhtaus**

#### **8.2.5 Imuveden lähde**

#### **8.2.6 Järjestelmän käyttötapa**

### **8.2.7 Taajuusmuuttajan pois jättäminen**

### **8.2.8 Käyttöympäristö**

### **8.2.9 Laitteiston siisteys**

## **9 KUNNOSSAPITO-OHJELMA**

### **9.1 Ohjelmista kehityksen lähtökohdat**

### **9.2 Ohjelmalle asetetut tavoitteet**

### **9.3 Ohjelmiston suunnittelu**

#### **9.4 Kunnossapitoaikataulun muodostaminen**









## **9.5 Valmiin ohjelman toiminta**













## **10 HUOLLON TOIMINNALLINEN KEHITTÄMINEN**

### **10.1 Tavoitteet**

#### **10.1.1 Kunnossapidollisen lisäarvon luominen asiakkaalle**

#### **10.1.2 Kunnossapidollisen lisäarvon luominen tilaajalle**

## **10.2 Huoltosuoritteiden kehittäminen**

### **10.2.1 Huoltoa edeltävien toimintojen kehitys**

### **10.2.2 Huoltotoiminnan kehitys**





## **11 YHTEENVETO**

### **11.1 Opinnäytetyön tulokset**

### **11.2 Asetettujen tavoitteiden täyttyminen**



## 12 POHDINTAA

### 12.1 Jatkokehitysehdotukset

Kunnossapito-ohjelman lähettäminen asiakkaalle tapahtuu tällä hetkellä sähköpostilla jokaisen huollon jälkeen. Kyseinen toiminta voidaan kokea hieman hankalaksi, jolloin mahdollisen asiakas-serverin luominen on otettu esille jo tilaaja yrityksessä. Tämän lisäksi Excel-muotoinen kunnossapito-ohjelma voi rajoittaa ohjelman laajentamismahdollisuuksia. Jos ohjelma koetaan toimivaksi ja sen laajentamiselle nähdään potentiaalia, suosittelen ohjelman kääntämistä Access-muotoiseksi. Access-muotoinen ohjelma mahdollistaa sen muokkaamisen ja laajentamisen helpommin sekä Access-ohjelma sallii tiedoston samanaikaisen käytön, jota nykyinen Excel-ohjelma ei salli.

Kunnossapidon toiminnalliseen kehittämiseen en tällä hetkellä näe tarvetta, mutta jatkuva laadun seuranta on suotavaa. Kunnossapito on monessa tilanteessa yrityksen ainoa näkyvä osuus, jolloin sen mukaan asiakkaalle määräytyy kuva laite toimittajasta.

### 12.2 Opinnäytetyön hyödyt oppimisen kannalta

Aihealueena korkeapainepumput olivat itselle vain käytön kannalta tuttuja. Opinnäytetyön aiheen valinnan ansiosta pumppujen toimintaa ja rakenteeseen tutustuminen oli mielenkiintoista. Kunnossapidon strategioihin tutustuminen avarsi huomattavasti ajatteluni kunnossapidon tärkeydestä sekä antoi tulevan työelämän kannalta tärkeitä työkaluja, joita voin hyväksi käyttää mahdollisissa tuotekehitysprojekteissa.

Aiheen rajausta tuntui prosessin puolella välissä liian laajalta, mutta työn ollessa valmis, koen sen oppimisen kannalta olleen juuri sopiva. Suppeamman rajauksen kohdalla opinnäytetyölle suunniteltu opillinen sisältö ei olisi täyttynyt.

Toimintasuunnitelman loin täysin omien kokemuksien ja työtapojen mukaisesti. Siitä saatu positiivinen palaute vahvisti itseluottamusta työtapojeni suhteen.



## LÄHTEET

Chris J. Armitage/Computational Systems, I. (5. maaliskuu 2003). *Offshore Technology Conference*. Noudettu osoitteesta Streamlined RCM Process for Drilling Equipment: <http://e-book.lib.sjtu.edu.cn/otc-03/pdf/files/papers/otc15339.pdf>

Finfinet Oy. Haettu 17. 3 2014 osoitteesta Tuotekuvia: [http://www.finfinet.fi/WebRoot/vilkas01/Shops/FinFinet/MediaGallery/FF22120\\_saarioinen.jpg](http://www.finfinet.fi/WebRoot/vilkas01/Shops/FinFinet/MediaGallery/FF22120_saarioinen.jpg)

General pump. Noudettu osoitteesta Unloaders.pdf: <http://www.generalspump.com/PDFs/Unloaders.pdf>

J Moisio/Qualitas Fennica Oy. (marraskuu 2006). *5S ja 7 HUKKAA TYÖPAIKAN KEHITTÄMISESSÄ.pdf*. Noudettu osoitteesta Qualitas Fennica Oy: [http://www.ims.fi/sites/default/files/article\\_attachments/5S\\_ja\\_7\\_hukkaa\\_tyopaikan\\_kehittamisessa..pdf](http://www.ims.fi/sites/default/files/article_attachments/5S_ja_7_hukkaa_tyopaikan_kehittamisessa..pdf)

Järviö, J.;& Lehtiö, T. (2012). *Kunnossapito, tuotanto-ominaisuuden hoitaminen* (5. painos p.). Helsinki: KP-Media Oy.

Kauranne, H.;Kajaste, J.;& Vilenius, M. (2008). *Hydrauliteknikka*. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Kunnossapitoyhdistys ry. (2006). *Kunnossapito, Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 10* (3. uudistettu painos p.). Helsinki: KP-Media Oy.

Kunnossapitoyhdistys ry. (2000). *RCM, Luotettavuuskeskeinen kunnossapito*. Rajamäki: KP-Tieto Oy.

Laine, H. (2010). *Tehokas kunnossapito, Tuottavuutta käynnissäpidolla*. Helsinki: KP-Media Oy.

Levitt, J. (2010). *TPM reloaded, Total Productive Maintenance*. New York, Amerikan yhdysvallat: Industrial Press Inc.

Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance*. New York, Amerikan yhdysvallat: Industrial Press Inc.

Peterson, B. Noudettu osoitteesta <http://www.reliableplant.com>:  
[http://media.noria.com/sites/archive\\_images/webexclusive\\_maintenance\\_clip\\_image004.gif](http://media.noria.com/sites/archive_images/webexclusive_maintenance_clip_image004.gif)

Ridpath, M. (19. kesäkuu 2008). *Lean 5S history*. Noudettu osoitteesta Biznik:  
<http://biznik.com/articles/lean-5s-history>

Tuominen, K. (2010). *Lean, Tehoa ja laatua kunnossapidon kehittämiseen*. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.

Työturvallisuuskeskus. *5 S-laaturjestelmä*. Noudettu osoitteesta  
[http://www.tuottavuustyo.fi/menestyva\\_tyopaikka/hyva\\_laatu/5\\_s\\_-laaturjarjestelma](http://www.tuottavuustyo.fi/menestyva_tyopaikka/hyva_laatu/5_s_-laaturjarjestelma)

# LIITTEET

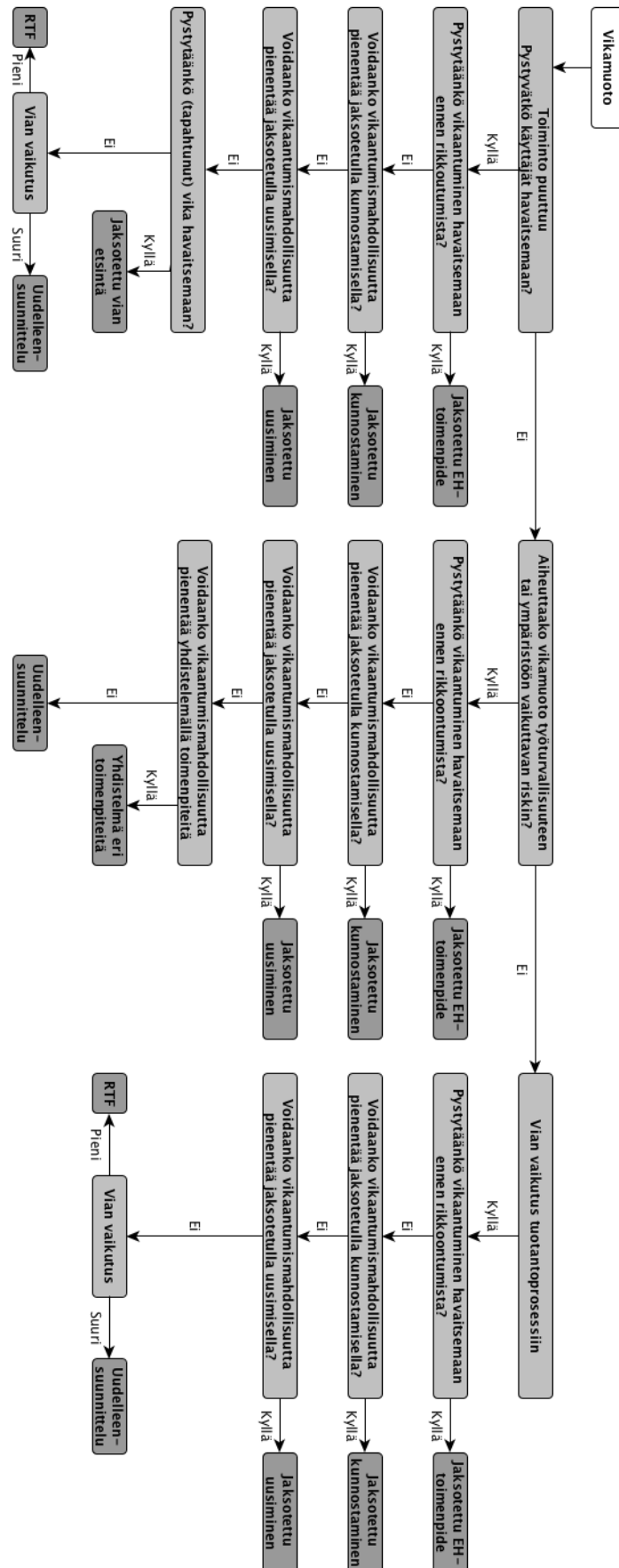
Liite 1. 5 S-menetelmän tarkastuslomake (© Service Management Solutions SMS OY)  
(Järviö & Lehtiö, 2012, s. 115)

Viihtyisä Työpaikka		Työpiste	Arvioija						
		Mittaustulos	Aikaisempi tulos	Päiväys					
Vaihe	No	Taskastuskohde	Kuvaus	Arvio					
				0	1	2	3	4	
<b>Seiri Lajittelu</b>	1	Tarpeettomat/käyttämättömöt materiaalit ja työkalut	Onko työpisteessä sellaisia tarvikkeita tai työkaluja, joita ei tarvita päivittäin?						
	2	Tarpeettomat koneet ja laitteet	Onko työpisteessä sellaisia koneita tai laitteita, joita ei tarvita						
	3	Tarpeettomat osat	Edellisistä töistä yli jääneitä osia, tarvikkeita, piilovarastoja						
	4	Väärin merkityt tavarat	Onko jotkut tavarat, työkalut tai tarvikkeet merkitty tarpeelliseksi, vaikka niitä ei käytetä						
	5	Hankaloittavat ohjeet/tavat	Voimassaolevat tai noudatettavat ohjeet, jotka kerryttävät tarpeettomia varastoja						
<b>Seiton Järjestys</b>	6	Onko säilytystilat merkitty	Jokaisella säilytyspisteellä on selkeä nimi tai osoite						
	7	Sisällysluettelot	Onko jokaisessa säilytyspisteessä lista tavaroista, jotka kuuluvat juuri sinne						
	8	Säilytysmäärät	Onko sisällysluetteloissa ilmoitettu säilytettävät määrät sekä ohjeet lisätilauksen tekemisestä						
	9	Kulkureitit	Onko kulkureitit, työpisteet ja varoalueet selvästi merkitty						
	10	Tavaroiden esilläolo	Onko varsinkin yhteiset tarvikkeet ja työkalut helposti saatavilla/palautettavissa						
<b>Seiso Siivous</b>	11	Lattioiden ja seinien puhtaus	Lattiat ja seinät ovat puhtaat						
	12	Koneiden pinnat ja ympäristöt	Onko koneet ja niiden toimintaympäristöt puhtaat (siisteys, ei tarpeettomia tavaroita/materiaaleja)						
	13	Koneiden ja laitteiden toimintaedellytykset	Puhdistavatko koneiden käyttäjät koneensa ja sen ympäristön tarkastaessaan sitä						
	14	Puhtausvastaavat	Onko eri työpisteiden puhtaudesta vastaavat henkilöt nimetty, tietävätkö he tehtävänsä						
	15	Aloitteellisuus	Pitävätkö ihmiset työympäristönsä puhtaana ilman käskemistä						
<b>Seiketsu Säännöt</b>	16	Ilmastointi	Pysyykö työpaikan/pisteen ilma pölyttömänä ja hajuttomana						
	17	Valaistus	Onko valaistus riittävä						
	18	Työvaatteiden puhtaus	Ovatko kaikkien ihmisten työvaatteet puhtaat						
	19	Likaantumisen estäminen	Estävätkö ihmiset likaantumista vai annetaanko paikkojen likaantua, jonka jälkeen siivotaan						
	20	"Järjestyssäännöt"	Onko edellä mainitut lajittelu, järjestys ja siivous ohjeistettu						
<b>Shitsuke Sitoutuminen</b>	21	Ohjeiden noudattaminen	Noudattavatko kaikki annettuja työturvallisuus- ym. Ohjeita (esim suojavarusteiden käyttö)						
	22	Yhteistyö	Kannustavatko ihmiset toisiaan pitämään paikat puhtaina ja tavarat järjestyksessä						
	23	Täsmällisyys	Noudattavatko kaikki esim. Taukoakoja, saapuvat ajoissa tapaamisiin jne.						
	24	Sovittujen sääntöjen noudattaminen	Noudattavatko kaikki sovittuja sääntöjä ja tekevät oman osuutensa						
	25	Sitoutuminen	Kokevatko kaikki ihmiset mielekkääksi sovitut säännöt (työturvallisuus, siisteys, laatu, jne.)						

Liite 2. Yksikertaistettu VVA-malli (Laine, 2010, s. 129)

[illegible]

Liite 3. RCM-päätöksentekokaavio (Muokattu lähteestä Järviö & Lehtiö, 2012, ss. 170-173)







3(3)



## Liite 5. Huollon tarkistuslomake